

シベリア産カラマツ三層集成材の曲げ強度性能

長谷川 智*, 井上 元康**

Bending Strength of the 3-Layered Laminated Woods Made by Larch Logs Imported from Russia

Satoshi HASEGAWA*, Motoyasu INOUE**

シベリア産カラマツを用いた三層集成材についてラミナおよび試作集成材の曲げ強度性能を検討した結果、つぎのことが明らかとなった。

- 1) フィンガージョイントにより接合したシベリア産カラマツラミナの曲げヤング係数は $154 \times 103 \text{ kgf/cm}^2$ 、曲げ強度は 540 kgf/cm^2 であった。
- 2) 三層集成材の曲げヤング係数については、接合ラミナの有無あるいは負荷方向の違いによる明かな差は認められなかった。また、その値は構成するラミナの曲げヤング係数の平均値にほぼ等しかった。
- 3) 内層に接合ラミナを配した集成材の曲げ強度は、無接合ラミナのみで構成した集成材の値とほぼ等しかった。また、三層とも接合ラミナで構成した集成材を積層面に直角方向に負荷した場合が最も曲げ強度は低く、 496 kgf/cm^2 であった。

1. はじめに

構造用集成材に関する旧日本農林規格では、枠組壁工法用途を除くと、集成材ラミナの積層数は5枚以上と規定されていた。その背景を強度面からみると、ラミナの積層数が少ないと、低品質ラミナが存在した場合、集成材の強度への影響が支配的に現れる可能性が高くなるのに対し、積層数が増せば危険性が低下するためと考えられ、その積層効果が明らかになるのは5枚以上¹⁾と解釈されていたためと思われる。

しかし、最近、ラミナの機械的等級区分法の研究が進み、実用性の高い等級区分装置が開発され、強度性能の正確な判定と低品質ラミナの除去が可能となり、積層数の少ない場合でも、一定の強度性能を保証できる集成材の製造が可能となってきた。

本試験では、一定の曲げヤング係数 ($100 \times 103 \text{ kgf/cm}^2$) 以上のラミナを機械的等級区分装置で選別し、それらのラミナを無作為に組み合わせた三層集成材を作成し、負荷方向および縦接合ラミナの配置が強度性能に与える影響を検討した。

なお、集成材の製造およびラミナの性能評価は小池木材株式会社(富山市)で行った。

2. 実験方法

2.1 構成ラミナの調整

シベリア産カラマツ230枚を蒸気式乾燥装置で人工乾燥した後、幅12cm、厚さ37mm、長さ3mに仕上げた。

つぎに、連続走行式応力等級区分装置(飯田工業KK製, MGFE-251)を用い、全てのラミナの平均

本試験は(財)日本住宅・木材技術センターの事業として実施した。

*木材試験場 **小池木材株式会社

曲げヤング係数（以下、Eave・m），最低曲げヤング係数（以下、Elow・m）を測定した。なお、この装置はラミナの中央120cm区間について材長方向に40箇所の曲げヤング係数を連続計測する機能を備えている。同装置によりElow・mが100×103kgf/cm²以上のラミナを選別した後、含水率が電気抵抗式含水率計で14%以上のものを除き、最終的に181枚のラミナを以下の試験に供した。

2.2 ラミナの縦接合と曲げ試験

90枚のラミナを無作為に選び、垂直型フィンガージョイント（以下、FJ）によって表-1に示す接着条件下で縦接合した。各ラミナのFJ位置は図-1に示す構成を考慮し定めた。作成した縦接合ラミナから、5枚を抜き取り、中央にFJ部を位置させ、4点荷重方式（スパン長1m，荷重点間距離34cm）により、曲げ試験を行った。

曲げヤング係数は供試材中央の全たわみ量から求めた。

表-1 FJ接合の接着条件

接着剤の種類	レゾルシノール樹脂接着剤*1
配合	主剤：硬化剤=1：1
塗布量	400-500g/m ²
養生時間	24時間以上

*1 大鹿振興kk社製 DF-1000(ハネムーン型接着剤)

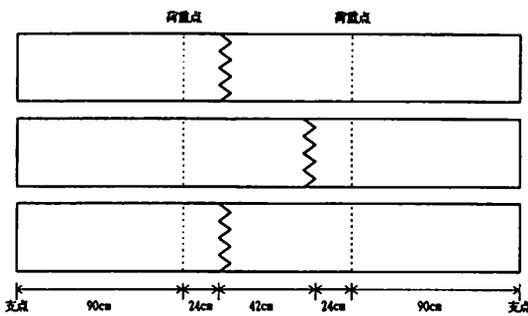


図-1 全層FJ構成集成材のFJの配置と曲げ試験における支点と荷重点

2.3 ラミナの組み合わせと三層集成材の製造

厚さ35mmに仕上げたFJラミナ30枚および無接合ラミナ60枚を無作為に組み合わせ、3層ともFJラミナを含まない集成材（以下、無FJ構成）、内層にFJラミナを配置した集成材（以下、内層FJ構成）、全層をFJラミナで構成した集成材（以下、全層FJ構成）各10本を作成した。

集成材の仕上がり寸法は厚さ10.5cm，幅10.5cm，

長さ3mとした。

集成材の接着条件を表-2に示す。

表-2 三層集成材の積層接着条件

接着剤の種類	レゾルシノール樹脂接着剤*1
配合	主剤：硬化剤=10：4
塗布量	325g/m ²
開放堆積時間	20分
圧縮方法	油圧
圧縮圧力	10kg/cm ²
圧縮時間	9時間
外気温	6℃
雰囲気温度	7.4℃
養生温度	12℃

*1 大鹿振興kk社製 D-300

2.4 三層集成材の曲げ試験

スパン長2.7m，荷重点間距離90cmの3等分点4点荷重方式により曲げ試験を実施した。負荷方向は積層面に対し、平行方向（以下、H負荷）と直角方向（以下、V負荷）とし、曲げヤング係数、破壊強度の測定および破壊形態の観察を行った。

曲げヤング係数は供試材中央の全たわみ量から求めた。

3. 結果と考察

3.1 ラミナの曲げヤング係数

選別前の全てのラミナ（230枚）のEave・mは平均158×103kgf/cm²（変動係数19.4%）であった。なお、気乾比重は0.64（変動係数6.2%）、平均年輪幅は1.6mm（変動係数23.3%）であった。これらの値はこれまで現場で供試したシベリア産カラマツ材の値²⁾とほぼ等しかった。

3.2 縦接合ラミナの曲げ強度性能

表-3に接合前後の曲げヤング係数および接合ラミナの曲げ強度を示す。

FJラミナの曲げヤング係数の平均は154×103kgf/cm²であり、接合前のEave・mと比較すると、その比率は0.88～1.13であり、FJ接合による曲げヤング係数の低下は少ないものと思われる。曲げ強度は平均540kgf/cm²（最大602kgf/cm²，最小448kgf/cm²）であり、製材の場合³⁾（627kgf/cm²）に比べやや低い値を示した。

3.3 三層集成材の曲げ強度性能

表-4に構成ラミナの接合前のEave・mの平均値および三層集成材の曲げヤング係数、曲げ強度、破壊形態を示す。

3.3.1 曲げヤング係数

集成材30本の曲げヤング係数は $127\sim 210\times 10^3\text{kg f/cm}^2$ の範囲に分布し、平均 $154.2\times 10^3\text{kg f/cm}^2$ であった。FJラミナの配置および負荷方向の違いが集成材の

表-3 シベリア産カラマツ縦接合ラミナの曲げ強度性能

No.	MOE $\times 10^3\text{kg f/cm}^2$	接合前ラミナの Eave・m $\times 10^3\text{kg f/cm}^2$	$\frac{\text{MOE}}{\text{Eave・m}}$	σ_m kgf/cm ²
1	145	164	0.88	448
2	175	155	1.13	556
3	153	183	0.84	602
4	148	157	0.94	522
5	147	162	0.91	570
Ave.	153.6		0.940	539.6

MOE：曲げヤング係数， σ_m ：曲げ強度
Eave・m：等級区分装置による平均曲げヤング係数

表-4 シベリア産カラマツ三層集成材の曲げ強度性能

種類	負荷方向	No.	MOE $\times 10^3\text{kg f/cm}^2$	構成ラミナ Eave・m $\times 10^3\text{kg f/cm}^2$	$\frac{\text{MOE}}{\text{Eave・m}}$	σ_p kgf/cm ²	σ_m kgf/cm ²	$\frac{\sigma_m}{\text{MOE}}\times 10^{-3}$	破壊形態
無FJ構成	V	1	137	147	0.93	443	597	4.35	C
		2	146	140	1.04	385	780	5.34	T
		3	154	157	0.98	420	668	4.33	K
		4	149	159	0.94	373	630	4.23	K
		5	127	125	1.02	373	583	4.60	K
	Ave.	142.7		0.982	398.8	651.7	4.57		
	H	1	131	147	0.89	327	461	3.52	K
		2	149	149	1.00	408	598	4.03	K
		3	166	175	0.95	595	735	4.42	K
		4	146	163	0.89	408	435	2.99	K
5		158	156	1.01	397	599	3.80	K	
Ave.	149.8		0.948	426.8	565.6	3.75			
内層FJ構成	V	1	168	157	1.07	513	742	4.42	C, K
		2	141	143	0.98	665	811	5.76	K
		3	179	169	1.06	665	811	4.53	K
		4	146	136	1.07	513	737	5.07	T
		5	210	180	1.16	746	805	3.83	T
	Ave.	168.6		1.068	620.4	780.9	4.72		
	H	1	159	155	1.03	641	724	4.57	T
		2	153	156	0.98	606	639	4.18	FJ
		3	134	142	0.94	432	577	4.30	T
		4	144	138	1.05	338	692	4.78	K, FJ
5		163	172	0.95	502	595	3.64	K	
Ave.	150.8		0.990	503.8	645.4	4.29			
全層FJ構成	V	1	134	147	0.92	292	416	3.09	K
		2	170	171	0.99	513	520	3.06	FJ
		3	145	146	0.99	443	457	3.14	FJ
		4	168	167	1.01	327	574	3.41	FJ
		5	156	149	1.05	373	513	3.29	FJ
	Ave.	155.0		0.992	389.5	496.1	3.20		
	H	1	150	161	0.94	583	587	3.90	FJ
		2	154	157	0.98	443	541	3.50	K
		3	154	165	0.93	595	679	4.41	FJ
		4	178	178	1.00	513	548	3.07	T, FJ
5		—	178	—	—	534	—	FJ	
Ave.	159.3		0.963	533.6	577.7	3.72			

MOE：曲げヤング係数，Eave・m：等級区分装置による平均曲げヤング係数， σ_p ：比例限度力， σ_m ：曲げ強度
負荷方向 Hは積層方向に直角，Vは平行方向
破壊形態：T 引張，目切れ，C：圧縮，モメ，K：節 FJ：フィンガージョイント

曲げヤング係数に及ぼす影響は明らかでなかった。

三層集成材の曲げヤング係数とそれを構成するラミナの平均曲げヤング係数との比率は0.99(0.89~1.07)であり、両者はほぼ等しかった。

曲げヤング係数のバラツキについてみると、全ての供試ラミナの変動係数は17.8%であったが、これらラミナを三層に集成した集成材の変動係数は10.9%と約4割低下した。

3.3.2 曲げ強度

集成材の曲げ強度は曲げ応力が最大となる断面の最外縁の材質と強度欠点の存在に影響されることが知られている。今回の試験では最外縁にFJが現れる全層FJ構成、V負荷の場合が最も低い値を示した。

また、内層FJ構成は無FJ構成に比べ、いずれの負荷方向でも強度の低下は認められなかった。これは内層FJ構成集成材の構成ラミナの曲げヤング係数が高いこと、また、V負荷の場合、内層が曲げ応力の負担が小さいことによるものと思われる。

4. おわりに

以上、シベリア産カラマツを用いた三層集成材に

ついでの強度試験結果をまとめると、

- 1) フィンガー接合によるラミナの曲げヤング係数は $154 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、曲げ強度は平均 540kgf/cm^2 を示した。
- 2) 三層集成材の曲げヤング係数はFJラミナの配置、負荷方向の違いによる差は認められない。また、集成材の曲げヤング係数はそれを構成するラミナの平均曲げヤング係数にほぼ等しかった。
- 3) 三層集成材の曲げ強度は全ての層をFJラミナで構成する集成材に積層面に直角方向に負荷した場合が最も弱かった。

文 献

- 1) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説，p336，丸善株式会社，東京，(1973)
- 2) 例えば，長谷川智ら：小径カラマツ材実大梁および集成材の強度，木材と技術，No.18，p10-14，(1974)
- 3) 飯島泰男，中谷浩：実大構造用材の曲げ強度性能(第1報)，木材と技術，No.63，p1-11，(1985)

Summary

On the 3-layered laminated woods using larch logs imported from Russia, performances on the bending strength of the lamina and trial laminated woods were examined. The following were clarified.

- 1) The bending Young's modulus of the laminated woods made of larch logs from Siberia connected with the finger-joint was $154 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ and the bending strength was 540kgf/cm^2 .
- 2) On the bending Young's modulus of the 3-layered laminated woods, no clear differences were recognized on the existence or, otherwise the connected lamina and also on different loading directions. In addition, the values were almost the same with the average of the bending Young's modulus composing lamina.
- 3) The bending strength of the laminated woods with the connected lamina of the inner layer was almost the same as the values of the laminated woods composed by only non-connected lamina. In addition, when the laminated woods composed by connecting all 3 layers of lamina were loaded at right angle to the laminated surface, a value of 496kgf/cm^2 was shown